

무선 애드-혹 네트워크의 다중 경로를 이용한 신뢰적인 확장 기법

(Reliable Extension Scheme using Multiple Paths in Wireless Ad-hoc Networks)

김문정[†] 엄영익^{**}

(Moon Jeong Kim) (Young Ik Eom)

요약 현재 홈 네트워크, 센서 네트워크, 유비쿼터스 네트워크 등에 대한 활발한 연구가 진행되면서 무선 이동 애드-혹 네트워크에 대한 관심이 높아지고 있다. 무선 이동 애드-혹 네트워크란 기존의 유선 하부구조의 도움 없이 이동 호스트들만으로 구성되는 임시적인 네트워크로, 언제 어디서나 컴퓨팅 환경을 이용할 수 있도록 하는 개념의 유비쿼터스 컴퓨팅 환경에 적합한 네트워크이다. 본 논문에서는 다중 경로의 수를 제한하는 소스 라우팅 프로토콜을 기반으로 무선 이동 애드-혹 네트워크의 확장 기법을 제안한다. 이 기법은 무선 이동 애드-혹 네트워크 내의 이동 호스트들 간 또는 무선 이동 애드-혹 네트워크 내의 이동 호스트와 유선 네트워크 서비스를 지원하는 기지국 간에 링크 및 중간 호스트의 중복을 허용하는 다중 경로를 유지함으로써 경로 재설정 및 재등록으로 인한 오버헤드를 줄이는 기법이다. 이와 같이 다중 경로를 유지함으로써 출발지와 목적지간 데이터 패킷 전송 지연 및 패킷 손실을 줄일 수 있으며, 따라서 보다 신뢰적인 방법으로 무선 이동 애드-혹 네트워크를 유선 네트워크로 확장시킬 수 있다. 성능 평가를 통해, 본 논문에서 제안하는 기법이 단일 경로를 사용하는 일반적인 확장 기법들보다 이동 속도 증가에 따른 처리량 및 단대단 지연이 보다 안정적이며, 노드/링크가 전혀 중복되지 않는 다중 경로를 사용하는 기법에 비해 낮은 오버헤드를 가짐을 보인다.

키워드 : 무선 이동 애드-혹 네트워크, 다중 경로 소스 라우팅, 요구기반 라우팅 프로토콜, 단대단 지연

Abstract As the research on home network technologies, sensor network technologies, and ubiquitous network technologies makes rapid progresses, wireless ad-hoc network have attracted a lot of attention. A wireless mobile ad-hoc network is a temporary network formed by a collection of wireless mobile nodes without the aid of any existing network infrastructure or centralized administration, and it is suitable for ubiquitous computing environments. In this paper, we suggest an extension scheme of a wireless mobile ad-hoc network based on limited multiple paths source routing protocol. This scheme reduces the overhead of route re-establishment and re-registration by maintaining link/node non-disjoint multiple paths between mobile hosts in a wireless mobile ad-hoc network or a mobile host in a wireless mobile ad-hoc network and a base station supporting fixed network services. By maintaining multiple paths, our scheme provides short end-to-end delay and is reliable extension scheme of a wireless mobile ad-hoc network to a fixed network. In this paper, our simulations show that our scheme outperforms existing schemes with regards to throughput and end-to-end delay. Also we show that our scheme outperforms multi-paths approach using disjoint routes with regards to routing overhead.

Key words : wireless mobile ad-hoc network, multi-path routing protocol, on-demand routing protocol, end-to-end delay

· 이 연구에 참여한 연구자(의 일부)는 '2단계 BK21사업'의 지원비를 받았음

[†] 학생회원 : 고려대학교 정보경영공학정보대학원

tops@korea.ac.kr

^{**} 종신회원 : 성균관대학교 정보통신공학부 교수

yeom@ece.skku.ac.kr

논문접수 : 2006년 2월 2일

심사완료 : 2007년 2월 23일

1. 서론

무선 이동 애드-혹 네트워크 환경이란 기존에 설치된 기지국, 이동 스위칭 센터(mobile switching center) 등의 중앙 관리 시스템 및 유선 네트워크의 하부 구조를 이용하지 않고 이동 호스트들만으로 구성되는 임시적인

네트워크 환경이다. 최근 무선 이동 애드-혹 네트워크와 관련된 다양한 연구 분야 중에 라우팅 프로토콜에 대한 연구가 활발히 진행 중이며, 이들 라우팅 프로토콜들은 크게 테이블 기반 라우팅 프로토콜(table driven routing protocol)과 요구 기반 라우팅 프로토콜(source-initiated on-demand driven routing protocol)로 구분된다[1-3].

현재 요구 기반 라우팅 프로토콜들은 대부분 출발지 호스트와 목적지 호스트 간에 단일 경로를 설정 및 유지하도록 설계되고 있다. 최근에는 다중 경로를 유지함으로써 경로가 실패한 경우 보다 빠른 경로 재설정을 제공하기 위한 라우팅 프로토콜들에 대한 연구가 진행되고 있으나, TORA(Temporally-Ordered Routing Algorithm)는 링크의 질(quality)을 평가하는 방법이 매우 어렵고, DSR(Dynamic Source Routing) 프로토콜의 다중 경로 확장에서는 다중 경로의 수를 제한하고 있지 않으므로 너무 많은 경로를 유지할 수 있는 등의 단점들을 가진다[4-8]. 또한 무선 이동 애드-혹 네트워크 내의 이동 호스트들에게 인터넷 등의 유선 네트워크 서비스 제공을 위한 많은 연구들이 진행되고 있다 [9-11].

본 논문은 무선 이동 애드-혹 네트워크 내의 이동 호스트들 간 또는 무선 이동 애드-혹 네트워크 내의 이동 호스트와 유선 네트워크 서비스를 지원하는 FA(Foreign Agent) 간에 링크 및 중간 호스트의 중복을 허용하는 다중 경로를 설정 및 유지하는 기법을 이용한다. 본 논문은 다중 경로를 유지함으로써 경로가 단절된 경우 빠른 경로 재설정을 제공하여 출발지와 목적지간 데이터 패킷 전송 지연 및 패킷 손실을 줄일 수 있으며, 따라서 보다 신뢰적인 방법으로 무선 이동 애드-혹 네트워크를 유선 네트워크로 확장시킬 수 있는 기법을 제안한다. 다중 경로를 유지하는 방법은 기존에 발표된 논문으로 대신하며[12], 본 논문에서는 다중 경로를 이용하여 유선 망으로 확장하는 기법에 대해 설명한다. 무선 이동 애드-혹 네트워크와 유선 네트워크와의 연동을 위하여 FA는 Mobile-IP 프로토콜과 무선 이동 애드-혹 네트워크를 위한 프로토콜을 동시에 지원하며, 이들 간의 연동 작업을 수행해야 한다. 본 논문의 2절에서는 관련 연구를 소개하고 3절에서는 제안 기법에 대해 설명하며 4절에서 성능 분석의 결과를 보이고 5절에서 결론을 맺는다.

2. 관련 연구

본 절에서는 현재 제안되고 있는 여러 다중 경로 라우팅 프로토콜들과 기존 확장 기법들에 대하여 간략히 설명한다.

2.1 다중 경로 라우팅 프로토콜

무선 이동 애드-혹 네트워크 환경은 네트워크를 구성

하는 이동 호스트들의 이동성으로 인해 네트워크 변화가 매우 동적이라는 특성을 가지며, 이는 링크 단절 및 데이터 전송 오류를 초래할 수 있다. 현재 무선 이동 애드-혹 네트워크 환경에서의 다중 경로 라우팅 프로토콜들은 신뢰성(reliability) 향상, 에너지 절약(energy conservation), 단대단 지연 최소화(minimization of end-to-end delay), 대역폭 요구 충족, 충돌 회피(congestion avoidance), 또는 부하 균형(load-balancing) 등을 제공하기 위해 제안되고 있다. 이러한 프로토콜들은 일반적으로 대표적인 요구 기반 라우팅 프로토콜인 DSR 또는 AODV 프로토콜을 다중 경로 설정 및 유지를 위해 확장한 기법들이 많으며, 특히 부하 균형을 위해 제안되고 있는 여러 기법들이 있다.

현재 이들 기법들은 대부분 링크 또는 중간 호스트들이 전혀 중복되지 않는 경로들(link/node disjoint paths) 중에서 일부 또는 전부의 경로들을 다중 경로로 유지하도록 하고 있다. 이를 위해 경로 요청 패킷을 전달하는 중간 이동 호스트들은 해당 패킷의 중복 여부를 확인하지 않고 모두 다시 방송함으로써 네트워크 내에 사용되는 경로 요청 패킷의 수가 매우 많다는 단점을 가지며, 특히 목적지 호스트에서는 링크 또는 중간 호스트들이 전혀 중복되지 않는 경로를 계산하는 오버헤드를 가지게 된다. 또한 일부 기법들은 목적지 호스트가 다른 경로를 통해 전달되는 모든 경로 요청 패킷들에 대해 경로 응답을 하게 함으로써 네트워크 내에 매우 많은 응답 패킷들이 전송된다는 단점을 갖는다. 최근에는 링크 또는 중간 호스트가 전혀 중복되지 않는 경로를 선택하도록 요구하지 않는 기법이 중복되지 않는 경로를 선택하도록 요구하는 기법들보다 에너지 측면에서 효율적이며 경로 단절로 인한 데이터 패킷 전송 지연을 줄이는 효과가 더 크다는 연구 결과도 나타나고 있다[8].

본 논문의 다중 경로 라우팅 프로토콜은 링크 또는 노드의 중복을 허용하는 다중 경로를 계산하도록 하므로 중간 호스트들이 같은 경로를 통해 전달된 패킷을 다시 방송하지 않도록 하며, 목적지 호스트에서의 계산 오버헤드를 주지 않는다. 또한 목적지 호스트는 제한된 수의 응답을 함으로써 대역폭을 절약할 수 있도록 하는 장점을 갖는다.

2.2 기존 확장 기법

현재 무선 이동 애드-혹 네트워크를 유선 네트워크로 확장하기 위해 기지국을 중심으로 무선 이동 애드-혹 네트워크를 위한 라우팅 프로토콜과 Mobile-IP를 연동하는 연구가 진행되고 있다. 이러한 연구들은 크게 주기적으로 방송되는 기지국의 광고 메시지를 무선 이동 애드-혹 네트워크 환경의 이동 호스트들이 계속 전달하여 기지국에 관한 정보를 미리 유지하는 테이블 기반 기법

과 유선 네트워크 서비스를 원하는 이동 호스트가 자발적으로 기지국에 대한 정보를 요구하는 요구 기반 기법으로 구분할 수 있다. 일반적인 경우, 무선 환경의 특성상 테이블 기반 기법보다는 요구기반 기법이 무선 이동 애드-혹 네트워크에 적합하며 이에 관한 연구가 주로 연구되고 있다. 그러나 현재 이러한 요구 기반 기법들은 무선 이동 애드-혹 네트워크 환경과 기지국 간의 무선 구간을 단일 경로로 유지함으로써 경로 단절시 재설정으로 인한 데이터 전송 지연 및 경로 요청 및 응답 메시지 등의 제어 메시지들의 오버헤드를 줄이지 못하고 있다[9-11].

이들 기법들과 비교해서 본 논문에서 제안하는 확장 기법은 다중 경로를 유지함으로써 경로가 단절된 경우 빠른 경로 재설정을 제공하여 출발지와 목적지간 데이터 패킷 전송 지연 및 패킷 손실을 줄일 수 있으며, 따라서 보다 신뢰적인 방법으로 무선 이동 애드-혹 네트워크를 유선 네트워크로 확장시킬 수 있도록 하는 장점을 갖는다.

3. 다중 경로를 이용한 신뢰적인 확장 기법

3.1 개요

본 논문은 무선 이동 애드-혹 네트워크 내의 통신을 위해 제안된 다중 경로 소스 라우팅 프로토콜을 유선 네트워크로 확장하기 위한 기법을 제안한다. 그림 1은 본 논문에서 제안하는 프로토콜이 적용될 수 있는 네트워크 환경의 예를 보인다.

그림 1에서 보이는 바와 같이 본 논문에서 제안하는 프로토콜을 적용하기 위해서, 참여하는 모든 이동 호스트들(MH1~MH8)은 무선 인터페이스를 가지며 라우팅 기능을 제공하고 이웃 호스트들 간의 링크 상태 감지 서비스 기능을 갖는다고 가정한다. 특히 기지국들(FA1, FA2, HA) 중 유/무선 인터페이스뿐만 아니라 Mobile-IP와 무선 이동 애드-혹 네트워크를 위한 프로토콜을 동시에 지원하는 기지국(FA1, FA2)을 GA(Gateway Agent)라고 한다. 그림 1에서 유선 네트워크 서비스를 제공받기 원하는 이동 호스트(MH1)는 임의의 GA에 대

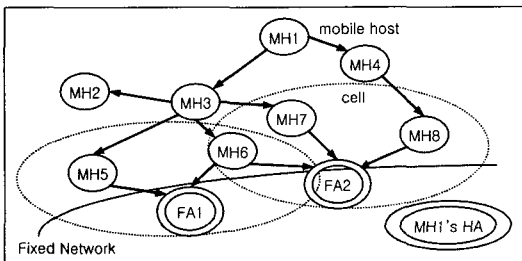


그림 1 제안 프로토콜이 적용될 수 있는 네트워크 환경

한 경로 요청 패킷을 방송하게 되며 이는 그림 1의 화살표로 나타내었다.

3.2 패킷 형식 및 자료 구조

무선 이동 애드-혹 네트워크 내의 이동 호스트가 유선 네트워크 서비스를 이용하려면 먼저 적당한 GA를 발견하는 과정이 필요하며 이를 위해 경로 요청 패킷(RQP)과 경로 응답 패킷(RRP)이 사용된다. 목적지 호스트로의 경로는 각 호스트의 라우트 캐쉬(RC)에 의해 관리되며 경로 오류 패킷(REP)을 이용하여 항상 최신 정보로 유지하도록 한다[12].

무선 이동 애드-혹 네트워크 내의 이동 호스트가 유선 네트워크 서비스를 제공받기 위해서는 멤버 요청 패킷(MQP)과 멤버 응답 패킷(MRP)을 사용하며 이들 헤더 형식은 그림 2에서 보인다.

Type	SeqNo	Length	Type	SeqNo	Length
Intermediate Addresses			Intermediate Addresses		
Type	SeqNo	Lifetime	Type	Code	Lifetime
Home Address			Home Agent		
(a) MQP (Member reQuest Packet)			(b) MRP (Member Reply Packet)		

그림 2 MQP와 MRP 헤더 형식

MQP는 무선 이동 애드-혹 네트워크 내의 이동 호스트가 유선 네트워크 서비스를 지원 받기 위해 위치가 알려진 GA를 통해 자신의 HA(Home Agent)로 자신의 현재 위치를 등록하기 위해 사용하는 패킷이다. MQP 헤더의 SeqNo 필드는 MQP가 생성된 순서를 나타내는 값을 가지며, 이는 중복 처리되는 것을 방지하고 MRP와의 알맞은 대응을 확인하기 위한 목적으로 사용된다. 출발지 호스트에 의해 MQP를 수신한 중간 호스트로부터 해당 GA까지의 경로는 Intermediate Addresses 필드에 기록되며 이 길이는 Length 필드에 기록된다. MRP는 출발지 호스트의 HA가 자신의 바인딩 정보를 수정한 후 등록 응답 메시지(registration reply message)를 전송하면 이를 수신한 GA가 해당 출발지 호스트에게 이를 알리기 위해 사용되는 패킷으로, MRP 헤더의 SeqNo 필드에는 해당 MQP 헤더의 SeqNo 필드의 값이 그대로 복사된다. Intermediate Addresses 필드에는 수신한 MQP 내의 Intermediate Addresses 필드에 기록된 경로가 역으로 기록되며 이 길이는 Length 필드에 기록된다. Lifetime 필드는 출발지 호스트가 요구한 Lifetime을 초과하지 않는 범위의 값을 가질 수 있다. MRP를 수신한 출발지 호스트는 MRP 내의 Lifetime 필드의 값을 자신의 RC에 저장하고 Lifetime을 주기로 하여 재등록해야 한다.

각 GA는 방문자 목록 확장(VLE)을 유지하며 그 구

MobileHostName	Intermediate Addresses	Lifetime
----------------	------------------------	----------

그림 3 VLE(Visitor List Extension) 구조

조는 그림 3에서 보인다. VLE는 GA가 자신을 통해 해당 HA에 등록된 무선 이동 애드-혹 네트워크 내의 이동 호스트들을 자신의 셀 영역 내의 이동 호스트들처럼 관리하기 위해 사용된다.

그림 3에서 보이는 바와 같이, VLE의 MobileHostName 필드에는 해당 GA를 통해 유선망 서비스를 제공받는 무선 이동 애드-혹 네트워크 내의 이동 호스트 주소가 저장되고, Intermediate Addresses 필드에는 해당 GA로부터 서비스를 제공받는 이동 호스트까지의 경로가 저장된다. Lifetime 필드의 값이 종료되기 전에 무선 이동 애드-혹 네트워크 내의 해당 이동 호스트로부터 재등록이 수행되지 않은 경우 등록이 해제 되었다고 간주한다.

3.3 기본 동작

본 논문에서 제안하는 프로토콜의 기본 동작은 경로 설정 단계, 멤버 등록 단계로 구성된다. 경로 설정 단계는 경로 요청 단계와 경로 응답 단계로 구성되고 멤버 등록 단계는 등록 요청 단계와 등록 응답 단계로 구성된다. 본 논문에서 제안하는 프로토콜의 전체적인 기본 동작은 그림 4에서 보인다.

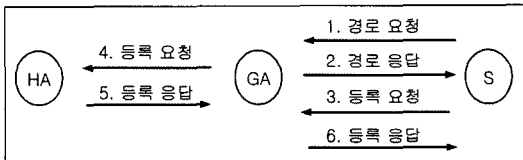


그림 4 기본 동작

그림 4에서 보이는 바와 같이, 무선 이동 애드-혹 네트워크 내의 출발지 호스트 S가 유선 네트워크 서비스를 제공받기 위해서는 먼저 적당한 GA를 발견하기 위한 작업이 필요하며 이를 위해 RQP를 생성하여 방송한다. 이를 수신한 GA는 RRP를 생성하여 S로 전송한다. S는 RRP 정보를 참조하여 적당한 GA로 MQP를 전송하고 이를 수신한 GA는 해당 MQP를 Mobile-IP 프로토콜의 등록 요청 메시지(registration request message)로 변경하여 S의 HA로 전달한다. 해당 HA는 자신의 바인딩 정보를 수정한 후, 등록 응답 메시지를 생성하여 전달하고, 이를 수신한 GA는 MRP로 변경하여 S로 전달한다. 이 과정을 거친 S는 유선 네트워크 서비스를 제공받을 수 있게 된다.

3.4 알고리즘

3.4.1 경로 설정 단계

무선 이동 애드-혹 네트워크 내의 이동 호스트가 유

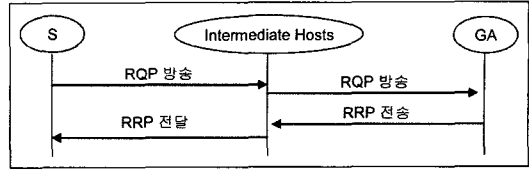


그림 5 임의의 GA에 대한 경로 요청 과정

선 네트워크 서비스를 받고자하는 경우라면, 먼저 적당한 GA를 발견하기 위한 경로 요청 단계를 거치게 된다. 이동 호스트 S가 임의의 GA에 대한 경로를 요청하는 과정을 그림 5에서 보인다.

무선 이동 애드-혹 네트워크 내의 출발지 호스트 S는 경로 요청 단계에 진입하여, 먼저 자신의 RC를 확인한다. 만일 자신의 RC 내에 임의의 GA에 대한 경로가 존재한다면 경로 설정 단계를 거치지 않고 바로 3.4.2 절의 멤버 등록 단계로 진입한다. 그러나 자신의 RC 내에 임의의 GA에 대한 경로가 존재하지 않는다면, 그림 5에서 보이는 바와 같이 자신의 주소와 제한된 방송 주소(limited-broadcast address), 255.255.255.255 주소를 IP 헤더에 포함하고 Target Address 필드에 모든 이동 에이전트 멀티캐스트 주소(all-mobility-agents multicast address), 224.0.0.11을 기록한 RQP를 무선 네트워크를 통해 방송하게 된다. 이를 수신한 중간 호스트는 해당 RQP의 Intermediate Addresses 필드의 끝에 자신의 주소를 추가하여 다시 방송하게 된다. 이 때 중간 호스트들은 수신 RQP 정보를 일정 시간동안 유지하여 중복 처리를 방지하도록 한다. 이 RQP를 수신한 GA는 알고리즘 1에서 보이는 과정을 통해 경로 응답 과정을 수행한다. 만일, RQP를 수신한 중간 호스트들 중에서 자신의 RC 내에 임의의 GA까지의 경로가 존재하는 경우, 해당 GA를 대신하여 RRP를 생성하여 S에게 전달할 수 있다.

알고리즘 1 RQP를 수신한 GA의 작업

```

Pathmax: threshold value on the number of paths
Pathcreated: number of paths created for one source host
{
  if (duplicate information for (SourceID,SeqNo) in History) {
    increase Pathcreated by one;
    if (Pathcreated greater than Pathmax ) discard RQP;
    // end
  }
  else {
    insert new entry in History;
    set Pathcreated to 1;
  }
  reverse the source route in RQP;
  create an RRP and transmit it to the source host;
}
    
```

GA는 동일한 출발지 호스트가 보낸 SeqNo 필드의 값이 동일한 RQP 중 다른 경로를 경유하여 수신된 RQP들이 있었는지를 확인한다. 그렇다면 동일한 출발지 호스트가 보낸 SeqNo 필드의 값이 동일한 RQP의 수(Path_{created})를 증가시켜 본 프로토콜에서 제한하는 최대 수(Path_{max})를 초과하는지의 여부를 확인한다. 초과하는 경우라면 해당 RQP를 버리고, 그렇지 않는 경우라면 수신한 RQP 내의 Intermediate Addresses 필드의 경로를 역으로 하여 RRP를 생성하고 출발지 호스트로 전송한다. 처음 수신하는 RQP라면 자신의 History에 일정 시간 기록하여 동일한 출발지 호스트가 보낸 SeqNo 필드의 값이 동일한 RQP에 대한 RRP를 생성한 수가 본 논문에서 제한하는 최대 수를 초과하지 않도록 관리한다.

RRP를 수신한 중간 이동 호스트는 Intermediate Addresses 필드를 참조하여 해당 RRP를 다음 호스트로 전달하며, S로부터 GA까지의 해당 경로를 자신의 RC에 저장하여 경로 유지 단계에서 사용한다. S는 가장 먼저 도착한 RRP를 참조하여 멤버 등록 단계에 진입하게 된다.

3.4.2 멤버 등록 단계

경로 설정 단계를 거친 이동 호스트 S는 RRP를 전송한 GA 중 적당한 GA를 선택하여 알고리즘 2에서 보이는 과정을 통해 멤버 등록 단계를 수행하게 된다.

알고리즘 2 출발지 호스트의 멤버 등록 요청

```

Tw : timeout for waiting MRP
{
  create a MQP and transmit it to the GA of source host;
  wait(Tw);
  while (not received MRP during Tw)
    perform the algorithms of request and select route;
}
    
```

무선 이동 애드-혹 네트워크 내의 출발지 호스트 S가 유선 네트워크 서비스를 지원 받고자 하는 경우에 경로 설정 단계를 통해 선정된 경로(능동 경로)를 Intermediate Addresses 필드에 삽입하여, 알고리즘 2에서와 같이 MQP를 생성하고 이를 해당 GA로 전송한 후, 이에 해당하는 MRP를 수신하면 유선 네트워크 서비스를 제공받을 수 있게 된다. 만일 일정시간 동안 MRP를 수신하지 못하는 경우에는 경로 요청 및 선정 과정을 통해 새로운 능동 경로를 발견하고 새로운 MQP를 전송하는 과정을 반복하게 된다. 이때, 새로운 능동 경로 발견 과정에서 RC 내에 유지되는 수동 경로들은 능동 경로의 단절시 RQP 및 RRP의 재전송의 횟수를 줄여주는 역할을 하게 된다. MQP를 수신한 GA는 알고리즘 3에서 보이는 작업을 수행한다.

알고리즘 3 MQP를 수신한 GA의 작업

```

if (Lifetime great than zero)
  insert new entry in VLE; // registration
else // release
  delete the entry in VLE;
transform the MQP to registration request message;
send the registration request to the HA of the source host;
wait(received registration reply from the HA of the source host)
update the entry in VLE;
transform the registration reply message to MRP;
send the MRP to the source host;
    
```

만일 출발지 호스트 S로부터 수신한 MQP 내의 Lifetime 필드의 값이 '0'보다 큰 경우라면 등록을 요청하는 패킷이므로, 해당 GA는 자신의 VLE 내의 정보를 수정한 후 해당 MQP를 Mobile-IP의 등록 요청 메시지로 변환하여 S의 HA로 전송한다. GA가 S의 HA로부터 Mobile-IP의 등록 응답 메시지를 수신하면 자신의 VLE 내의 Lifetime 필드를 수정한 후 MRP로 변환한 후 S로 전달한다. 만일 수신한 MQP 내의 Lifetime 필드의 값이 '0'인 경우라면 유선 네트워크 서비스를 제공받은 S가 더이상 유선 네트워크 서비스를 원하지 않는 경우이므로, 자신의 VLE 내의 해당 정보를 제거한 후 S의 HA로 알림으로써 멤버 등록 해제를 수행할 수 있다. 그림 6은 무선 이동 애드-혹 네트워크 내의 S가 자신의 HA로 등록하는 과정을 보인다.

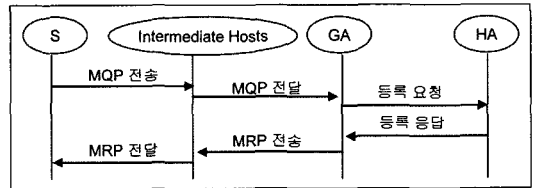


그림 6 멤버 등록 과정

MRP를 수신한 S는 인터넷 등의 유선 네트워크 서비스를 제공 받을 수 있게 된다. 그림 7에서는 멤버 등록 단계 후 S가 유선 네트워크 내에 존재하는 SP(Service Provider)에게 서비스를 요청하고 제공받는 과정을 보인다.

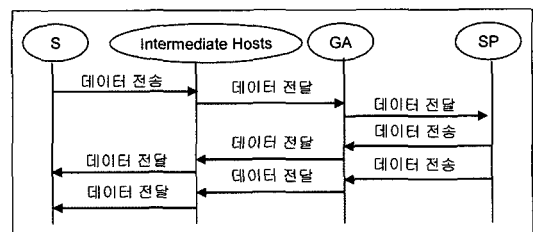


그림 7 유선 네트워크 서비스 제공 과정

그림 7에서, 출발지 호스트 S는 유선 네트워크 내의 SP에게 서비스를 요청하는 데이터 패킷의 헤더에 해당 GA로의 경로 정보를 삽입하여 전송하며, 이 데이터 패킷은 S가 등록된 GA로 전송되고 이를 수신한 GA는 유선 네트워크 내의 라우팅 프로토콜에 의해 해당 SP로 S의 데이터 패킷을 전달한다. S의 데이터 패킷을 수신한 SP는 해당 GA를 통해 S로 서비스를 제공할 수 있게 된다. 이러한 과정에서 S와 GA 간 통신을 위해서는 다중 경로 소스 라우팅 프로토콜이 사용되며 GA와 SP 간 통신을 위해서는 Mobile-IP에서의 터널링 기법이 사용된다.

임의의 호스트 CN(Correspondent Node)이 멤버 등록 단계를 거친 무선 이동 애드-혹 네트워크 내의 이동 호스트 S에게 데이터 패킷을 전송하는 과정을 그림 8에서 보인다.

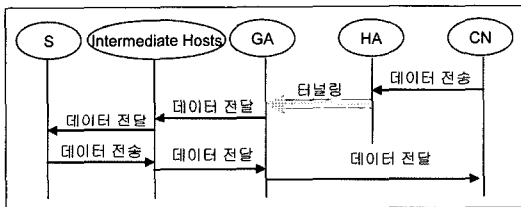


그림 8 임의의 호스트와의 이동 호스트 간 통신

그림 8에서 보이는 바와 같이, CN이 S에게 데이터 패킷을 보내면 기존 유선 네트워크의 라우팅 프로토콜에 의해 해당 메시지는 S의 홈 네트워크에 도착하게 되고, S의 HA는 이를 가로채 자신의 바인딩 정보를 참조하여 S의 GA로 해당 데이터 패킷을 전달하게 된다. 이 메시지를 수신한 GA는 자신의 VLE를 참조하여 무선 이동 애드-혹 네트워크 내에 존재하는 S로 해당 메시지를 전달하게 된다.

4. 성능 평가

본 논문에서 제안하는 프로토콜을 평가하기 위한 시뮬레이션 도구로 C 언어로 구현된 시뮬레이션 라이브러리인 Simlib을 사용하였다[13]. 4.1절에서는 시뮬레이션을 위한 몇 가지 가정 및 시뮬레이션 환경에 대해 기술하고, 4.2절에서는 시뮬레이션 결과를 보인다.

4.1 시뮬레이션 환경

본 논문에서 제안하는 기법은 무선 이동 애드-혹 네트워크 내에서 이동 호스트들의 통신을 위해 dynamic source routing 기법을 사용하면서 노드/링크의 중복을 허용하는 다중 경로를 유지하는 기법이다. 제안 프로토콜의 평가를 위해 Carnegie Mellon 대학 등에서 수행한 시뮬레이션 환경을 참조하였다[14,15].

본 논문에서 출발지 호스트가 GA까지의 경로 설정을 위해 TTL은 '3'으로 설정한다고 가정하였다. 총 시뮬레이션 시간은 1180초로하고 처음 1000초 후에 180초 동안 데이터 패킷을 전송하도록 수행하였다. 본 시뮬레이션을 위해 이동 호스트들의 이동 모델은 random waypoint model을 적용하였으며[16], pause time은 '0'으로 하였다. 데이터 패킷은 512 bytes CBR(Constant Bit Rate)로 가정하였으며, 초당 4개의 패킷을 전송하고, 홉 간의 전송 지연 시간은 30ms라 가정하였다. 무선 이동 애드-혹 네트워크 내에는 총 40개의 이동 호스트들이 존재하며, 전송 범위를 250m로 가정하였다.

4.2 시뮬레이션 분석

본 논문에서 처리량(throughput)은 초당 수신되는 데이터율(bit/s)로 계산하고, 단대단 지연(end-to-end delay)은 각 패킷의 생성 시간에서 수신 시간을 차감한 값의 평균으로 계산하며, 오버헤드(overhead)는 수신된 데이터에 대한 생성된 제어 패킷의 율로 계산하였다.

그림 9에서는 700m × 500m의 무선 네트워크 구간에서 이동 호스트와 GA 간에 단일 경로를 유지하는 일반 확장 기법과 본 논문에서 제안하는 노드/링크 중복을 허용하는 다중 경로를 유지하는 기법에 대한 비교를 보이며, 단일 경로를 유지하는 경우를 G, 최대 3개와 5개의 다중 경로를 유지하는 경우를 각각 DSMR1과 DSMR2로 구분하여 네트워크를 구성하는 이동 호스트들의 평균

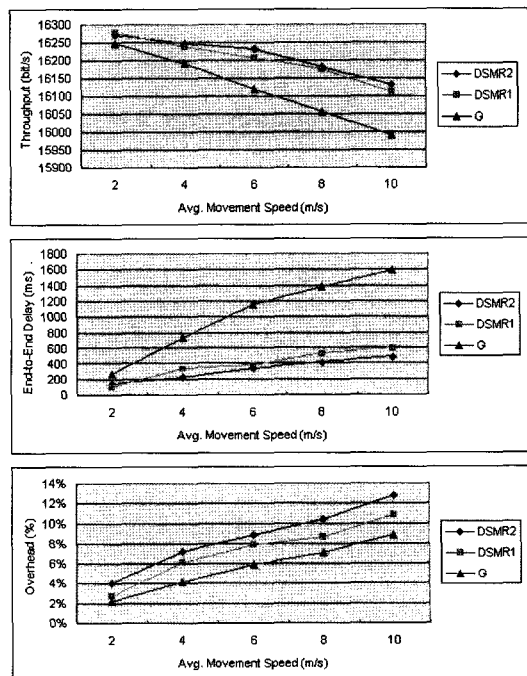


그림 9 처리량, 단대단지연, 오버헤드

이동 속도가 2m/s에서 10m/s로 변할 때의 처리량, 단대 단 지연, 그리고 오버헤드에 대해 비교하였다.

그림 9에서 평균 이동 속도가 증가함에 따라 G의 경우에는 DMSR의 경우에 비해 처리량이 급속히 감소하고 단대단 지연이 급속히 증가함을 알 수 있다. 네트워크를 구성하는 이동 호스트들의 평균 이동 속도가 2m/s에서 10m/s로 증가할 때 DMSR2의 경우 처리량은 약 0.4% 감소하는데 반해 G의 경우에는 약 0.8% 감소하였다. 특히, 단대단 지연에서 큰 차이를 보이는 것은 G의 경우에는 다중 경로를 유지하지 않으므로 잦은 경로 단절시 매번 경로 재설정으로 인한 지연 시간이 초래되기 때문에 분석된다. 그림 10에서는 500m × 300m의 무선 네트워크 구간에서 이동 호스트와 GA 간에 단일 경로를 유지하는 일반 확장 기법(G), 전혀 중복되지 않는 다중 경로를 유지하는 기법(MDSR), 그리고 본 논문에서 제안하는 기법(DSMR)에 대한 비교를 보인다.

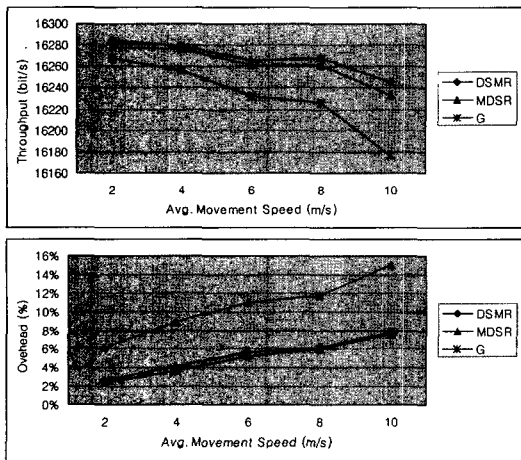


그림 10 처리량, 오버헤드

그림 10에서 보이는 바와 같이, 본 논문에서 제안하는 기법을 적용하는 경우는 이동 속도 증가에 대한 처리량, 그리고 단대단 지연의 변화가 적은 반면, 단일 경로를 유지하는 경우에는 이동 속도 증가에 대한 변화가 매우 큰 것을 알 수 있다. 오버헤드의 증가는 거의 유사하며, 이는 본 논문에서 제안하는 기법이 단일 경로를 유지하는 기법에 비해 다중 경로를 유지하기 위한 오버헤드가 증가하는 반면 경로 단절시 경로 재설정을 위한 오버헤드가 감소하기 때문으로 분석된다. 노드/링크의 중복성을 허용하지 않는 다중 경로를 사용하는 경우 중간 호스트들이 경로 요청 패킷의 중복 여부를 확인하지 않으므로 이동 속도의 증가에 따라 네트워크 오버헤드가 급속히 증가함을 알 수 있다.

5. 결론

무선 이동 애드-혹 네트워크 환경이란 기존의 유선 네트워크와 기지국 등의 중앙 관리 체계를 사용할 수 없는 상황이거나 비용이나 편리 측면에서 유선 네트워크의 설치가 번거로운 상황에서 임시적으로 이동 호스트들 간에 무선 네트워크를 구축하는 환경이다. 이러한 환경에서는 모든 이동 호스트들이 라우팅 기능을 제공하여야 하며, 현재 많은 라우팅 프로토콜들이 제안되고 있다. 무선 환경의 특성상 유선 네트워크에 비해 대역폭이 작고 호스트들이 소형이므로 네트워크 정보를 주기적으로 전달하는 프로토콜은 적당하지 못하며, 모든 이동 호스트들이 네트워크 전체의 정보를 위한 테이블을 유지하는 방법도 부적합하다. 뿐만 아니라 최근에는 무선 네트워크에서도 유선 네트워크에서와 동일한 QoS를 요구하는 추세이므로, 무선 이동 애드-혹 네트워크를 위한 라우팅 프로토콜들은 네트워크 오버헤드를 고려하는 동시에 데이터 패킷 전송 지연까지 고려해야 한다.

본 논문은 무선 이동 애드-혹 네트워크 내의 이동 호스트들 중에 유선 네트워크 서비스를 지원 받고자 하는 이동 호스트들에게 다중 경로를 이용하여 보다 신뢰적인 방법으로 유선 네트워크 서비스 지원을 제공할 수 있는 기법을 제안하였다. 본 논문에서 제안하는 확장 기법은 다중 경로를 유지함으로써 경로가 단절된 경우 빠른 경로 재설정을 제공하여 출발지와 목적지간 데이터 패킷 전송 지연 및 패킷 손실을 줄일 수 있으며, 따라서 보다 신뢰적인 방법으로 무선 이동 애드-혹 네트워크를 유선 네트워크로 확장시킬 수 있도록 하는 기법이다. 본 제안 기법은 요구 기반 라우팅 프로토콜을 기반으로 주기적인 라우팅 정보 교환으로 인한 오버헤드를 없애고, 제한된 수의 다중 경로를 유지하도록 함으로써 경로 단절시 매번 경로 설정 단계를 거치지 않으므로 빈번한 경로 발견 및 응답으로 인한 오버헤드를 줄이면서 보다 빠른 재설정이 가능함으로 출발지 호스트로부터 목적지 호스트까지의 데이터 패킷 전송 지연 및 패킷 손실을 줄이는 프로토콜을 유선 네트워크로 확장시킨 논문이다.

무선 이동 애드-혹 네트워크 환경을 위해 현재 제안되고 있는 여러 라우팅 프로토콜에 대한 표준화 작업이 IETF의 MANET WG에 의해 진행되고 있으나, 무선 이동 애드-혹 네트워크 환경은 매우 다양한 응용분야를 가지며, 각 적용되는 응용에 적합한 프로토콜들을 적절히 선택하는 것이 바람직할 것이다.

참고 문헌

- [1] Corson, S. and Macker, J., "Mobile Ad hoc Networking (MANET): Routing Protocol Performance Issues and Evaluation Considerations," RFC 2501,

IETF, 1999.

[2] Weniger, K. and Zitterbart, M., "Mobile Ad Hoc Networks - Current Approaches and Future Directions," Network, IEEE, Vol.18, Issue4, pp. 6-11, 2004.

[3] Johnson, D. B., Maltz, D. A. and Hu, Y., "The Dynamic Source Routing Protocol for Mobile Ad Hoc Networks (DSR)," draft-ietf-manet-dsr-10.txt, 2004.

[4] Nasipuri, A. and Das, S. R., "On-Demand Multipath Routing for Mobile Ad Hoc Networks," Proc. of International Conf. on Computer Communications and Networks, 1999.

[5] Nasipuri, A., Castaneda, R. and Das, S. R., "Performance of Multipath Routing for On-Demand Protocols in Ad Hoc Networks," ACM/Kluwer Mobile Networks and Applications (MONET) Journal, Vol.6, No.4, pp. 339-349, 2001.

[6] Valera, A., Seah, W. K. G., and Rao, S. V., "Cooperative Packet Caching and Shortest Multipath Routing in Mobile Ad hoc Networks," Proc. of the 22th Annual Joint Conf. of the IEEE Computer and Communications Societies(INFOCOM), Vol.1, pp. 260-269, 2003.

[7] Hwang, I., Yeh, C. and Wang, C., "Link Stability, Loading Balance and Power Control Based Multi-path Routing (SBPMR) Algorithm in Ad Hoc Wireless Networks," Proc. 10th International Conf. on Telecommunications, Vol.1, pp. 406-413, 2003.

[8] Ganesan, D., Govindan, R., Shenker, S. and Estrin, D., "Highly-resilient, energy-efficient multipath routing in wireless sensor networks," Proc. of ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review archive, Vol.5, Issue4, pp. 11-25, 2001.

[9] Ratanchandani, P. and Kravets, R., "A Hybrid Approach to Internet Connectivity for Mobile Ad Hoc Networks," Proc. IEEE International Conf. on Wireless Communications and Networking, Vol.3, pp. 1522-1527, 2003.

[10] Sun, Y., Belding-Royer, E. M. and Perkins, C. E., "Internet Connectivity for Ad Hoc Mobile Networks," Wireless Information Networks special issue on Mobile Ad Hoc Networks (MANETs); Standards, Research, Applications, Vol. 9, 2002.

[11] Nordstrom, E., Gunningberg, P. and Tschudin, C., "Gateway Forwarding Strategies for Ad hoc Networks," 5th Scandinavian Workshop on Wireless Ad hoc Networks, 2004.

[12] 김문정, 엄영익, "무선 ad-hoc 네트워크 환경을 위한 효율적인 경로 유지 기법", 한국통신학회논문지, 제30권, 제8A호, pp. 638-648, 2005.

[13] Law, A. M. and Kelton, W. D., Simulation Modeling and Analysis, 3rd Ed., McGraw-Hill, 2000.

[14] Boukerche, A., "A Simulation based Study of

On-demand Routing Protocols for Ad Hoc Wireless Networks," Proc. 34th Annual on Simulation Symposium, pp. 85-92. 2001.

[15] Clausen, T. H., Jacquet, P. and Viennot, L., "Comparative Study of Routing Protocols for Mobile Ad-hoc Networks," Proc. International Conf. on Parallel Processing Workshops, pp 124-137, 2002.

[16] Camp, T., Boleng, J. and Davies, V., "A Survey of Mobility Models for Ad Hoc Network Research," Wireless Communications and Mobile Computing, Special Issue, 2002.



김문정

1998년 성균관대학교 전기전자및컴퓨터공학부(학사). 2000년 성균관대학교 전기전자및컴퓨터공학부(공학석사). 2005년 성균관대학교 전기전자및컴퓨터공학부(공학박사). 현재 고려대학교 정보경영공학전문대학원 정보보호기술연구센터 BK21 유비쿼터스 정보보호 사업단 연구전임강사. 관심분야는 이동 컴퓨팅, 무선 애드-혹 네트워크, 유비쿼터스 컴퓨팅, 홈네트워크



엄영익

1983년 서울대학교 계산통계학과(학사) 1985년 서울대학교 대학원 전산학과(이학석사). 1991년 서울대학교 대학원 전산학과(이학박사). 2000년~2001년 Dept. of Info. and Comp. Science at UCI 방문교수. 1993년~현재 성균관대학교 정보통신공학부 교수. 2006년~현재 성균관대학교 이동통신교육센터 센터장. 2007년~현재 성균관대학교 정보통신처장. 관심분야는 분산 컴퓨팅, 이동 컴퓨팅, 이동 에이전트, 시스템 보안, 내장형 시스템 등